

**ÓPTIMA GESTIÓN DE LA DEMANDA DE UNA MICRO-RED PARA LA  
MEJORA DEL PERFIL DE VOLTAJE ANTE LA INFLUENCIA DE UN  
VEHÍCULO ELÉCTRICO.**



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
ELECTRICIDAD**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:  
ÓPTIMA GESTIÓN DE LA DEMANDA DE UNA MICRO-RED PARA LA  
MEJORA DEL PERFIL DE VOLTAJE ANTE LA INFLUENCIA DE UN  
VEHÍCULO ELÉCTRICO.**

**AUTOR:  
JESSICA STEFANIA LOACHAMÍN ÁLVAREZ**

**TUTOR:  
EDWIN MARCELO GARCÍA TORRES**

**Quito, Noviembre 2021**

Jessica Stefania Loachamín Álvarez

**ÓPTIMA GESTIÓN DE LA DEMANDA DE UNA MICRO-RED PARA LA MEJORA DEL PERFIL DE VOLTAJE ANTE LA INFLUENCIA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO.**

Universidad Politécnica Salesiana  
Ingeniería Eléctrica

Breve reseña historia e información de contacto:



**Jessica Stefania Loachamín Álvarez** (Y'1999).

Estudiante de Ingeniería Eléctrica en la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito. Áreas de interés: Generación distribuida, respuesta a la demanda, micro-redes, energía renovable.  
[jloachamina@est.ups.edu.ec](mailto:jloachamina@est.ups.edu.ec)

Dirigido por:



**Edwin Marcelo García Torres** (Y'1978 -SM10).

Se graduó en Ingeniería Eléctrica en la Universidad Politécnica Salesiana y de Master en Gestión de Energía. Actualmente se encuentra trabajando para su doctorado en Ingeniería con la Universidad Pontificia Bolivariana. Área de interés: respuesta a la demanda, sistemas de automatización. Actualmente es miembro del Girei (Grupo de Investigación en Redes Eléctricas Inteligentes - Smart Grid Research Group).

[egarcia@ups.edu.ec](mailto:egarcia@ups.edu.ec)

**Todos los derechos reservados:**

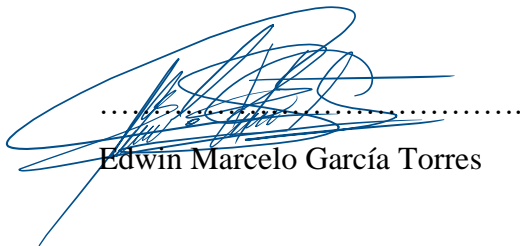
Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS  
©2021 Universidad Politécnica Salesiana  
QUITO-ECUADOR

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A**

Yo, Edwin Marcelo García Torres, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación *Óptima gestión de la demanda de una micro-red para la mejora del perfil de voltaje ante la influencia de un vehículo eléctrico* realizado por Jessica Stefania Loachamín Álvarez, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, Noviembre del 2021



Edwin Marcelo García Torres

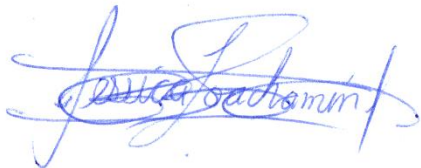
Cédula de identidad: 1803087400

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Jessica Stefania Loachamín Álvarez, con documento de identificación N° 175022638-1, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor/es del trabajo de grado/titulación intitulado: *Óptima gestión de la demanda de una micro-red para la mejora del perfil de voltaje ante la influencia de un vehículo eléctrico*, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Firma



Jessica Stefania Loachamín Álvarez

Cédula: 175022638-1

Fecha: Noviembre 2021

## ÍNDICE GENERAL

1	Introducción .....	2
2	Marco teórico.....	2
2.1	Micro-red .....	2
2.1.1	Componentes de una MR. ....	3
2.1.2	Modo de Operación.....	3
2.2	Sistema Fotovoltaico .....	3
2.2.1	Hora Solar pico .....	3
2.3	Sistema Eólico .....	4
2.3.1	Sistema eólico conectados a la red.....	4
2.4	Banco de Baterías .....	5
2.4.1	Descarga Profunda .....	6
2.5	Vehículo Eléctrico (EV).....	6
2.5.1	Vehículo Eléctrico De Batería Pura (BEV) .....	6
2.5.2	Vehículo Eléctrico Híbrido (HEV) .....	7
2.5.3	Vehículo Eléctrico Híbrido Enchufable (PHEV) .....	7
2.6	Estaciones de Carga.....	8
2.6.1	Tipos de Carga.....	8
2.7	Gestión de la Micro-red .....	9
3	Problema de investigación .....	9
3.1	Pseudocódigo del ingreso de vehículos eléctricos a la Micro-red.....	9
3.2	Caso de estudio .....	10
4	Análisis y Discusión. ....	11
5	Conclusiones.....	13
5.1	Trabajos futuros .....	13
6	Referencias.....	13
6.1	Estado del Arte.....	17
6.2	Resumen de Indicadores .....	21

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. MR.....	3
Figura 2. MR en modo conectado .....	3
Figura 3. MR en modo isla.....	3
Figura 4. Hora Solar Pico (HSP).....	4
Figura 5. Configuración sistema eólico conectado a la MR. ....	4
Figura 6. BESS .....	5
Figura 7. Ciclo de vida batería .....	6
Figura 8. Composición del BEV .....	6
Figura 9. Funcionamiento del BEV .....	7
Figura 10. Composición del HEV .....	7
Figura 11. Composición del Vehículos Híbridos Eléctrico Enchufable (PHEV) ....	7
Figura 12. Curva de carga lenta, rápida y ultra-rápida.....	8
Figura 13. MR base.....	10
Figura 14. Demanda Base de la MR.....	10
Figura 15. Demanda del EV .....	11
Figura 16. Sumatoria de demandas .....	11
Figura 17. Abastecimiento de generación.....	11
Figura 18. Huecos de voltaje.....	11
Figura 19. Despacho . ....	12
Figura 20. Mejora del perfil de voltaje.....	12
Figura 21. Resumen e indicador de la temática.....	21
Figura 22. Indicador de formulación de problema .....	21
Figura 23. Indicador de Solución. ....	22



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Algoritmo para la simulación del ingreso de vehículos eléctricos a la MR .....	10
Tabla 2. Datos de Generación .....	12
Tabla 3. Perfil de voltaje .....	12
Tabla 4. Matriz de estado del arte. ....	17

# Óptima gestión de la demanda de una micro-red para la mejora del perfil de voltaje ante la influencia de un vehículo eléctrico.

## Resumen

El presente artículo realiza un análisis técnico del efecto que causa la inserción del vehículo eléctrico en la micro-red sustentada por fuentes renovables de generación. Se caracterizó los datos del vehículo eléctrico, determinando los hábitos de uso de los vehículos convencionales por parte de los usuarios utilizando heurística de criterios de aleatoriedad y respuesta a la demanda para generar una óptima gestión de la recarga de vehículos eléctricos ya sea esta lenta, rápida o ultrarrápida, esto permitirá un correcto funcionamiento de la micro-red incrementando el perfil de voltaje y la minimización de la energía no suministrada. Siguiendo con el estudio, se obtuvieron diversas gráficas que presenta el sistema ante la entrada del vehículo eléctrico, como son las curvas de demanda y perfiles de voltaje. En su etapa final se hace una mejora en la generación y bancos de batería para lograr abastecer completamente la demanda del vehículo sin afectar la calidad de voltaje proveniente de la micro-red.

**Palabras Clave:** *Micro-redes, Vehículo Eléctrico, Generación distribuida, Energías Renovables, Gestión de la Energía.*

## Abstract

This article performs a technical analysis of the effect caused by the insertion of the electric vehicle in the micro-grid supported by renewable generation sources. The electric vehicle data was characterized, determining the usage habits of conventional vehicles by users using heuristics of randomness and demand response criteria to generate an optimal management of electric vehicle recharging, whether it is slow, fast or ultra-fast, this will allow a correct operation of the micro-grid, increasing the voltage profile and minimizing the energy not supplied. Continuing with the study, several graphs were obtained that present the system before the entry of the electric vehicle, such as demand curves and voltage profiles. In its final stage, an improvement is made in the generation and battery banks to fully supply the demand of the vehicle without affecting the quality of the voltage coming from the micro-grid

**Keywords:** *Micro-grids, Electric Vehicle, Distributed Generation, Renewable Energies, Energy Management.*

# 1 Introducción

A principios del siglo XIX la movilidad eléctrica comenzó su progreso gracias al almacenamiento de la energía y a los principios del electromagnetismo, desarrollados por Alessandro Volta y Michael Faraday [1], [2] aprovechando el gran impacto de la energía eléctrica para la propulsión del vehículo a motor el cual proporcionó facilidad de operación y comodidad para los usuarios [2]. Estos fueron los primeros inicios del vehículo eléctrico que poco a poco fue escalando exponencialmente a los grandes mercados automotrices [3], convirtiéndose en uno de los vehículos más codiciados en todo el mundo por su contribución al medio ambiente eliminando la emisión de gases [4].

Uno de los principales contaminantes a nivel mundial son los vehículos los cuales tiene su principio de funcionamiento basado en el uso del combustible fósil [5], estos son los causantes de que se propaguen los gases de efecto invernadero que son nocivos para el ambiente [6] y para el ser humano [7]. Debido a los daños ambientales que estos causan se ha extendido a nivel mundial el uso de vehículos eléctricos los cuales contribuyen con el medio ambiente, pero a su vez deteriora la calidad de voltaje que se tiene en la red eléctrica, debido al ingreso de su demanda ya que esta no consta en los estudios para el dimensionamiento de la red causando daños en la producción, deterioro de la disponibilidad, confort y economía del país [8].

Por ende, la presente investigación se basa en la problemática de calidad de voltaje debido a la inversión de los

vehículos eléctricos, dando como primer escenario el modelamiento del vehículo y sus diferentes tipos de cargas y horarios aleatoriamente, para posteriormente evaluar el impacto que recibe la micro-red en los perfiles de voltaje [9]. Dado estos datos se realiza un estudio del despacho económico adoptado por el sistema y se realiza ajustes en generación con el fin de abastecer la carga y a su vez no desperdiciar energía, dando paso a la comparación de curvas entre la demanda base, y la demanda compuesta con el vehículo eléctrico con el fin de mitigar los huecos de voltaje que se producen, llegando a un despacho óptimo.

## 2 Marco teórico

### 2.1 Micro-red

Una Micro-Red (MR) es un modelo alternativo compuesto por un grupo de cargas eléctricas comportándose conjuntamente como un único sistema consumidor o productor [10].

Una MR es un sistema flexible, puede funcionar en dos modos: modo conectado a la red o modo isla. En el modo conectado a la red, la MR puede intercambiar la energía con la red principal y también puede proporcionar servicios auxiliares a la red de distribución, tales como estabilización de frecuencia de red, soporte de potencia reactiva [10].

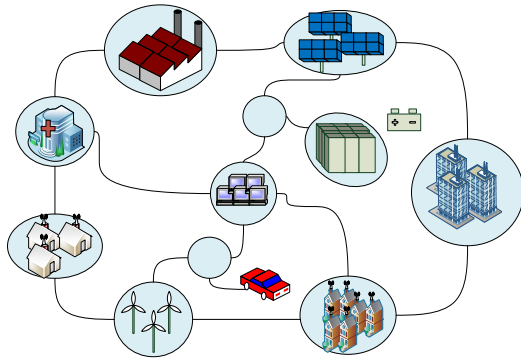


Figura 1. MR

### 2.1.1 Componentes de una MR.

Los componentes ayudan a que la MR sea un sistema confiable y posean una funcionalidad correcta. A continuación, vamos a enumerar sus componentes.

### 2.1.2 Modo de Operación.

El punto en común que existe entre la red de distribución se denomina como (PAC) que es el punto de acoplamiento, el cual permite el paso al funcionamiento en dos distintos modos: Modo Conectado a la red y Modo Desconectado [11].

#### — Modo conectado a la red

En este modo la MR está conectada a la red Modo conectado al sistema de distribución, el cual puede aportar o consumir energía y a su vez servicios auxiliares. Este modo se caracteriza por operar en conjunto con la red [12].

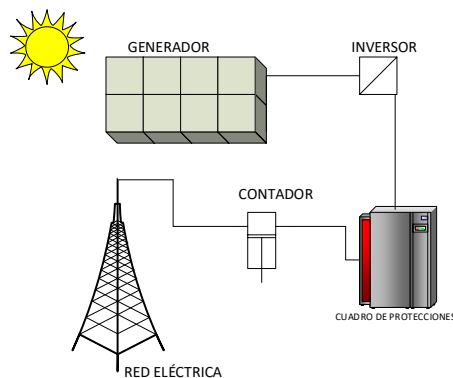


Figura 2. MR en modo conectado

#### — Modo aislado de la red.

En el modo aislado a la red o modo isla la MR opera de manera autónoma [12], ese modo aumenta la confiabilidad, como también disminuye en gastos económicos a los usuarios finales y distribuidoras debido a la reducción de costos en energías no suministradas [13].

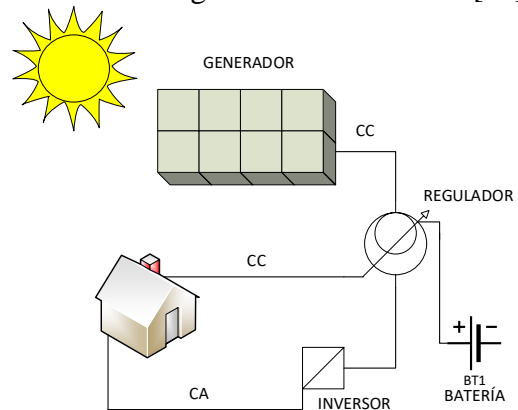


Figura 3. MR en modo isla

## 2.2 Sistema Fotovoltaico

La generación fotovoltaica (GF) es una de las Energías Renovables (ER) que más contribuye con la mitigación de la huella de carbono, remplazando a las generaciones convencionales, que utilizan un proceso de quema de combustibles para crear su energía [14]. Se aprovecha la radiación solar por medio de celdas fotovoltaicas, estas son las encargadas de transformar la luz solar en potencial eléctrico. La celda fotovoltaica está conformada por silicio, que es un material semiconductor [14],[15].

### 2.2.1 Hora Solar pico

La hora solar pico (HSP) es la cantidad de irradiación emitida por el sol que recoge una superficie de aproximadamente un metro cuadrado, esta energía varía por la ubicación o localización y por la época del año en la que se encuentre [16].

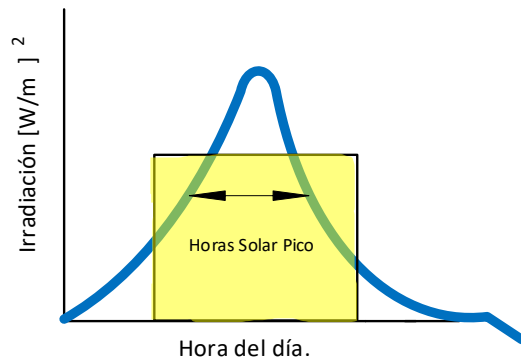


Figura 4. Hora Solar Pico (HSP).

$$HSP = \frac{R}{I} \quad (1)$$

$$E_p = I_p * P_p * r_p \quad (2)$$

Donde:

*HSP* =Hora solar pico.

*I* =Potencia de Irradiación.

*R* =Irradiancia.

*E<sub>p</sub>* = Energía del Panel Fotovoltaico.

*I<sub>p</sub>* = Corriente alcanzada durante un día.

*r<sub>p</sub>* = Rendimiento del Panel.

*P<sub>p</sub>* = Potencia del Panel.

### 2.3 Sistema Eólico

La energía eólica proviene del viento al momento de mover las aspas integradas al rotor, con energía cinética [14] convirtiéndola en mecánica y a su vez en eléctrica para su debido uso.

#### 2.3.1 Sistema eólico conectados a la red

Los sistemas eólicos, como los sistemas fotovoltaicos pueden trabajar de dos maneras, conectados a la red o en modo isla [17].

Los sistemas conectados a la red se dividen en dos Sistemas Pequeños y Sistemas grandes sin autoconsumo.

El sistema pequeño se lo realiza en el caso de que este cerca de una red o MR. La energía solicitada por el usuario se podrá abastecer con el sistema eólico y la MR, en el caso de que la generación sea mayor que la demanda se entregará el excedente a la MR.

Por otro lado, el Sistema grande sin autoconsumo o también llamados parques eólicos suministran directamente toda su generación al sistema eléctrico, estos no se pueden unir a una MR. Únicamente a redes de transmisión, como se lo realiza en el parque eólico Villonaco.

Los sistemas conectados a la MR tienen la siguiente configuración: un aerogenerador encargado de convertir la energía que aporta el viento [8] en energía eléctrica de corriente continua, un controlador que regula la velocidad de giro de las aspas y un inversor que convierte de corriente continua a corriente alterna para su debida conexión [18] con la MR, como se muestra en la Figura 5.

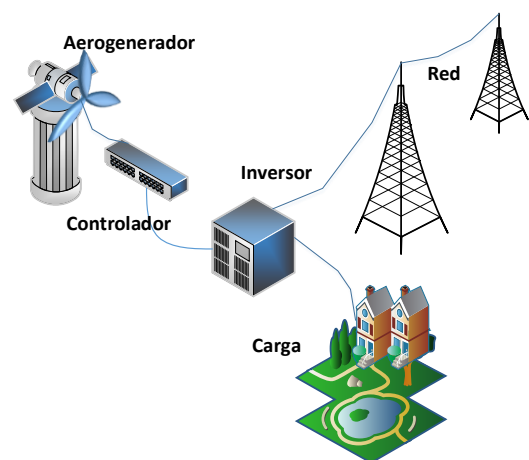


Figura 5. Configuración sistema eólico conectado a la MR.

La distribución que más se utiliza para la representación de la variación del viento

es la función de densidad de probabilidad Weibull, la cual se expresa en la ecuación (4) y para determinar la energía que entrega el aerogenerador se utiliza la ecuación (5).

$$k = \left( \frac{des. est}{vel. med} \right)^{-1.086} \quad (3)$$

$$F(V) = \frac{k}{c^k} * x^{k-1} * e^{-\left(\frac{x}{c}\right)^k} \quad (4)$$

$$e_c = \frac{1}{2} * \rho * x^2 \quad (5)$$

Donde:

$k$  = Parámetros de caracterización.

$des. est$  = Desviación Estándar.

$vel. med$  = Velocidad Media.

$c$  = Parámetros de caracterización.

$x$  = Velocidad del viento [m/s].

$e_c$  = Densidad de energía [ $W/m^3$ ]

$\rho$  = Densidad del aire [ $Kg/m^3$ ].

$F(V)$  = Función de distribución acumulativa Weibull.

## 2.4 Banco de Baterías

Los Bancos de Baterías (BESS) son los encargados de almacenar la energía generada por el sistema fotovoltaico y eólico [19].

Los BESS Están formados por un conjunto de baterías conectadas en serie, permitiendo así un almacenamiento de energía eléctrica, y a su vez estas se pueden cargar entre sí, entre mayor sea la cantidad de baterías conectadas mayor será la energía que dispongan [20].

Este sistema es el más utilizado para abastecer las demandas en hora pico, pero el tiempo de funcionamiento no puede ser prolongado. En [18] el caso de la generación fotovoltaica, para garantizar su funcionamiento en horas de ausencia solar se almacena la energía en bancos de capacitores para poder suministrar energía y poder cubrir la demanda en un periodo corto de tiempo [18].

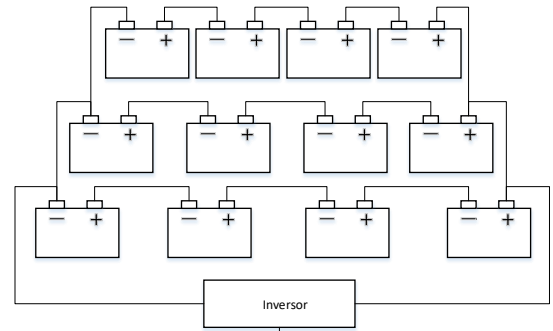


Figura 6. BESS

El BESS tiene un tiempo de función autónoma con el cual se establece la corriente nominal, dada la potencia y el voltaje del BESS [21].

$$I_n = \frac{P_T}{V_b} \quad (6)$$

$$Cap = I_n * t \quad (7)$$

Donde:

$I_n$  = Corriente nominal del BESS.

$P_T$  = Potencia Total.

$V_b$  = Voltaje del BESS.

$Cap$  = Capacidad del BESS [A/h].

$t$  = Tiempo de autonomía.

### 2.4.1 Descarga Profunda

Las baterías son capaces de generar descargas que si llegan [22] a niveles muy altos pueden ocasionar daños en el funcionamiento y a su vez disminuir su vida útil, por tal razón se crearon las baterías de descarga profunda con la finalidad de que estas logran brindar del 60 al 80 % de la capacidad nominal de su carga sin afectar su funcionamiento.

En comparación con las baterías comunes, estas están diseñadas con placas mucho más anchas y con un espacio reducido para la reacción química que esta emplea [5].

Para conocer la capacidad real se emplea la ecuación (8).

$$Cap_{real} = \frac{Cap}{Profundidad\ de\ descarga} \quad (8)$$

Por otro lado, la tensión final de descarga dependerá directamente de la velocidad de descarga de la batería, entre menor sea el tiempo de descarga, menor es el voltaje final.

Los ciclos de uso van a depender del porcentaje de descarga profunda que realice la batería, conforme a la norma IEC 60896-11 se presenta la figura 7 [17].

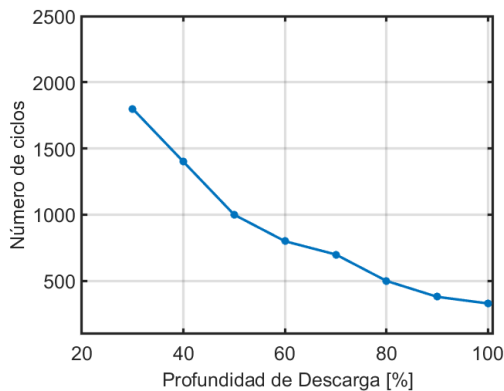


Figura 7. Ciclo de vida batería

### 2.5 Vehículo Eléctrico (EV)

Un EV es impulsado por uno o más motores eléctricos y a su vez posee tracción compuesta por ruedas inducidas por motores rotativos [23]. Existen algunos tipos de vehículos eléctricos, como lo son los vehículos que se alimentan directamente de la red o de una estación de carga, los vehículos que funcionan con electricidad almacenada (baterías) y los vehículos que son propulsados por un generador interno (vehículo híbrido) [2].

#### 2.5.1 Vehículo Eléctrico De Batería Pura (BEV)

Este tipo vehículo se lo considera como únicamente eléctrico debido a que no posee un motor interno de combustión provocando así que su metodología de propulsión sea mediante un motor eléctrico [24].

El motor eléctrico utiliza la energía que produce al momento de frenar el vehículo, la misma que en los vehículos tradicionales se la desperdicia debido a que esta se perdería a través de calor, por tal razón los vehículos eléctricos son mucho más eficientes [25].

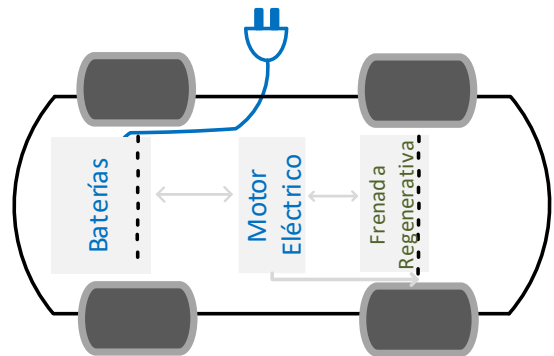


Figura 8. Composición del BEV

El rango de recorrido que posee este tipo de vehículo varía entre los 80 a 250 km, esto depende únicamente de la capacidad de carga que tenga la batería la cual tiene variaciones entre 20 y 55 kWh [1].

En la figura 9 se observa el funcionamiento de este tipo de vehículo que se conecta directamente a la red y almacena la energía en las baterías que contiene el vehículo [24].

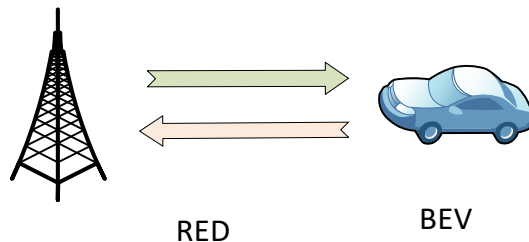


Figura 9. Funcionamiento del BEV

### 2.5.2 Vehículo Eléctrico Híbrido (HEV)

El tipo de (HEV) se caracteriza por tener principalmente dos tipos de motores, el motor de combustible o combustión interna convencional denominado (ICE) y un sistema eléctrico que se conforma por un motor eléctrico y una batería [16],[25].

El paquete de baterías que el HEV dispone es pequeño, aproximadamente de 1 kWh debido a que se utiliza el sistema eléctrico únicamente para la aceleración y la gestión de alternar de motor de combustión a motor eléctrico. [16],[25].

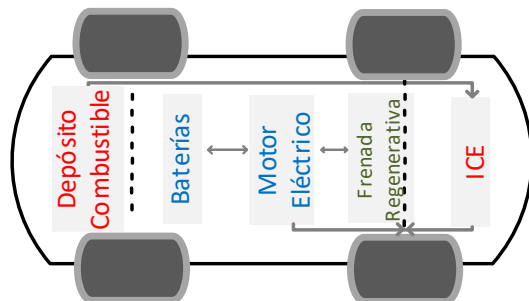


Figura 10. Composición del HEV

Este sistema permite acumular la energía de frenado y almacenarlo en las baterías y con esto se reduce notablemente las emisiones de CO2 que emana el motor a combustión [25].

### 2.5.3 Vehículo Eléctrico Híbrido Enchufable (PHEV)

El PHEV tiene la misma funcionalidad que el HEV debido que los dos utilizan dos tipos de motores, a combustión y motor eléctrico, la característica principal de este tipo de vehículo es que se puede conectar a la red eléctrica y así cargar su batería interna [25].

Sus fuentes de energía se basan en la electricidad proveída por la red, como también en el combustible fósil, debido a que este vehículo combina los dos funcionamientos, su motor a combustión es mucho más pequeño que el tamaño promedio e incluso más pequeño que el motor del HEV [3].

La batería interna que este posee, se puede recargar de varias formas, mediante el freno regenerativo, conexión a la red eléctrica o por medio del motor de gasolina como lo podemos observar en la Figura 10 [24], [3].

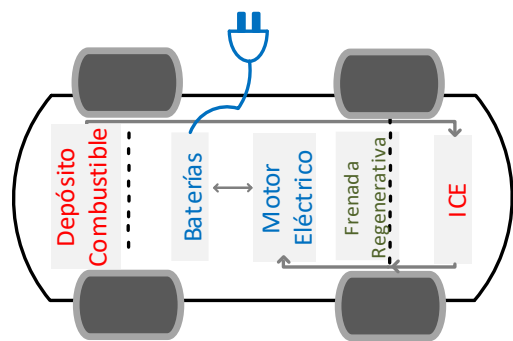


Figura 11. Composición del Vehículos Híbridos Eléctrico Enchufable (PHEV)

Para que un vehículo sea considerado PHEV debe tener un enchufe el cual se pueda conectar a la red y con esto poder cargar su batería, el vehículo puede andar aproximadamente 16 km únicamente con la energía eléctrica almacenada en la batería, la batería debe tener una capacidad mínima de 4 kWh [3],[26].



## 2.6 Estaciones de Carga

Las estaciones de carga también llamadas electrolineras, son lugares en los que se puede conectar el EV a la red, los vehículos que se pueden conectar son los BEV y los PHEV los cuales cuentan con un enchufe conectado directamente a la batería la cual almacena toda esta energía [26],[27].

### 2.6.1 Tipos de Carga

Los tipos de cargas se clasifican según la intensidad, el tiempo y su potencia [22].

#### — Carga Lenta o Doméstica

Este modo de recarga tiene un tiempo de duración de aproximadamente 8 horas, el tiempo puede llegar a ser menor dependiendo del tipo de batería que el vehículo tenga incorporado [22]. Se utiliza generalmente en los hogares, es mucho más sencilla y asequible debido a que se puede conectar en cualquier enchufe “domiciliario” tipo Schuko, el cual posee de un voltaje de 240 [V] y 16 [A] en corriente y 3.6 [kW] de potencia máxima [22],[28].

En la figura 12 se observa los diferentes tipos de carga con el tiempo estimado para llegar al 100% de capacidad.

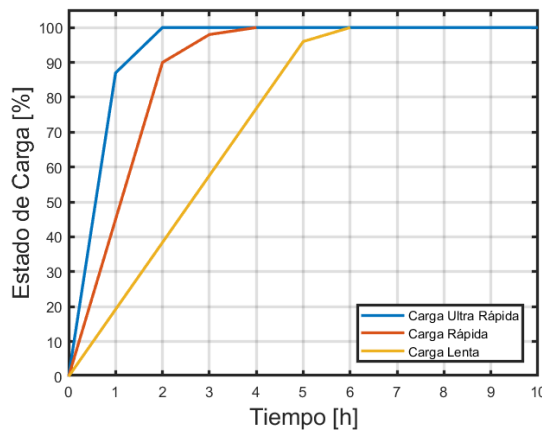


Figura 12. Curva de carga lenta, rápida y ultra-rápida.

Con este nivel de potencia es recomendable la carga en horarios nocturnos ya que es cuando la demanda decrece y el precio del kW/h también baja [22],[28].

#### — Carga Semi-Rápida

Este tipo de recarga es similar a la carga lenta o doméstica, se la puede realizar con un voltaje alterno monofásico como también trifásico [22], con un voltaje de 230 V, una corriente de 32 A y una potencia de 7.7 kW [22],[28]. Este se considera como un tipo de recarga conveniente para lugares públicos como puede ser el caso de centros comerciales, parqueaderos o conjuntos residenciales, como también en horarios nocturnos para el decremento de la demanda, debido a que el tiempo de recarga es de aproximadamente 4 horas [28],[29].

#### — Carga Rápida

Consiste en una recarga de potencia de salida alta, 50 kW aproximadamente, una corriente continua de 400 A, y un voltaje de 600 V [22],[29].

Este tipo es conveniente para PHEV [28] debido a que en un tiempo aproximado de 30 [min] permite cargar el 80% del total de la batería, lo que sería suficiente para los vehículos con motor de combustible [22].

La carga rápida es apropiada para lugares de alta concurrencia con estadías de tiempo muy cortas, como son las estaciones de servicio, o electrolineras [29].

#### — Carga Ultra Rápida

Se considera como el tipo de carga más rápido que existe en el mercado, se utiliza potencias elevadas de 120 a 600 kW [5].

El tiempo aproximado de carga para un vehículo liviano es de 5 a 15 min. El lugar en donde se puede encontrar este tipo de cargas es similar a los de la carga rápida, las cuales son gasolineras o electrolineras [30].

## 2.7 Gestión de la Micro-red

Este mecanismo hace un variación en la demanda eléctrica para así poder adaptarse a la MR [31].

En la gestión de flujos energéticos, por lo general se hace uso de herramientas o algoritmos de carácter heurístico. Esta herramienta es capaz de regular la potencia entregada y la potencia que se consume de la red [32].

El sistema de gestión [33] de las MRs tiene como objetivo la optimización del consumo, así como también la disminución del costo de la energía a través de una función objetivo en la cual se procederá a minimizar el costo de operación y maximizar la eficiencia.

Para llegar a la óptima gestión energética [34] se necesitan varias restricciones: balance de energía, la capacidad del generador, reserva giratoria, almacenamiento energético, estado de la demanda e índices de carga [33].

$$P_{fv} + P_{bat} + P_{red} = \sum_{i=1}^n Pd_{isla_i} \quad (8)$$

Donde:

$P_{fv}$ = Potencia del sistema fotovoltaico.

$P_{bat}$ =Potencia del Banco de Baterías.

$P_{red}$ = Potencia de la Red.

$Pd_{isla_i}$ = Potencia que demanda cada Isla.

Esta ecuación (8) trabaja en base del balance de potencias para el sistema de gestión.

## 3 Problema de investigación

Para erradicar este tipo de contaminación se presenta una alternativa ecológica, que es la inclusión del EV que mitiga las emisiones de CO2, pero esta solución atrae un problema enfocado al crecimiento de la demanda [35] por la inserción masiva del EV, la cual deteriorara el perfil tensión en la microrred [36].

Para [37] la realización de este estudio de proceder a la caracterización de los datos del EV, determinando los hábitos de uso de los vehículos convencionales por parte de los usuarios.

Esto depende mucho del tipo de carga que emplee cada usuario, debido a los intervalos de tiempo que el vehículo permanecerá conectado a la red [37],[8]. Dentro de las variables a estudiar, depende mucho la estación del año en la cual se encuentre, debido al incremento o la disminución de radiación solar, como también de su ángulo de inclinación [33]. La respuesta a la demanda ayuda a la disminución de los picos expresados en la curva del sistema en un tiempo específico, los cuales se producen por la suma de las potencias de los artefactos o electrodomésticos y la inserción de cargas en horas en las cuales los usuarios son más concurridos, con cargas más prolongadas [8].

### 3.1 Pseudocódigo del ingreso de vehículos eléctricos a la Micro-red

**Tabla 1.** Algoritmo para la simulación del ingreso de vehículos eléctricos a la MR

<b>Paso 1</b>	Ingreso de datos vector-cantidad del EV por escenarios.
<b>Paso 2</b>	Valores iniciales aleatorias e inicialización de escenarios VES={VES1, VES2...VESN}
<b>Paso 3</b>	Aleatorios para los diferentes tipos de carga: Lenta, rápida y ultra-rápida. <b>case 1</b> FTpCRL(i,j) <b>case 2</b> FTpCRL(i,j) <b>case 3</b> FTpCRL(i,j)
<b>Paso 4</b>	Distribución uniforme, tipo de carga y tiempo de carga <b>case 1</b> POT(i,j), TpCRL(i,j) <b>case 2</b> POT(i,j), TpCRL(i,j) <b>case 3</b> POT(i,j), TpCRL(i,j)
<b>Paso 5</b>	Cálculo de la demanda por vehículo $nTpCRL=size(TpCRL); dem\_VE=\{ \};$ $dem\_ve(i,j)=f\_dem;$
<b>Paso 5</b>	Análisis de resultados DEM_FINAL (demanda final insertada en la MR) $DEM\_FINAL=\{Dh1, Dh2, \dots, Dh24\};$ $DEM\_XPOT=\{CL\ H:1-24; CR\ H:1-24, CUR\ H:1-24\}$
<b>Paso 6</b>	Fin

### 3.2 Caso de estudio

El presente artículo está basado en una MR conformada por un sistema fotovoltaico de 15kW, un BESS de 10kW y un sistema eólico de 5 kW, tal como se muestra en la figura 13, las cuales están presentadas en condiciones iniciales donde se trabajará la MR. Para las mejoras del sistema se incrementa al doble las potencias para poder abastecer la demanda base.

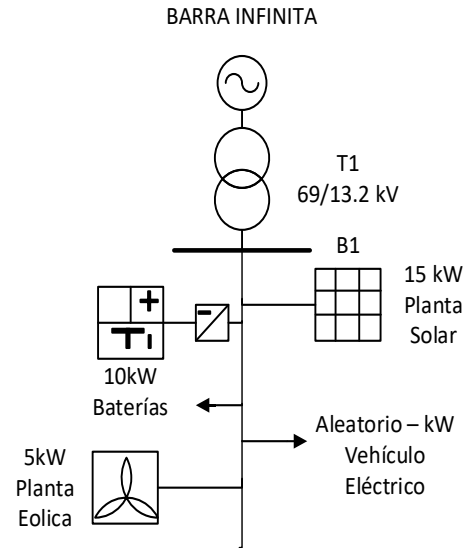


Figura 13.MR base.

Se presenta la gráfica de la demanda base dentro de la MR, sin tomar en cuenta la carga del vehículo eléctrico, se logra apreciar el tiempo en el cual el uso de la energía es mayormente requerido en el rango de las 06:00 a las 17:00 horas donde su consumo empieza a descender drásticamente, como se lo indica en la figura 14.

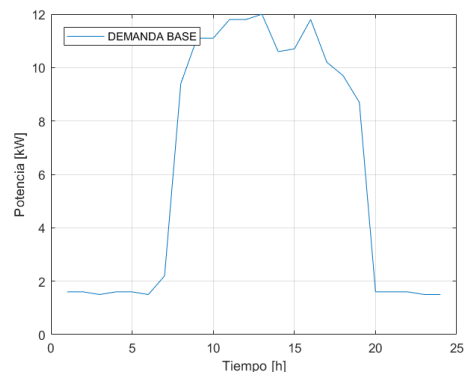


Figura 14. Demanda Base de la MR.

Por otro lado, en la figura 15 se puede apreciar el diagrama de la caracterización del vehículo eléctrico.

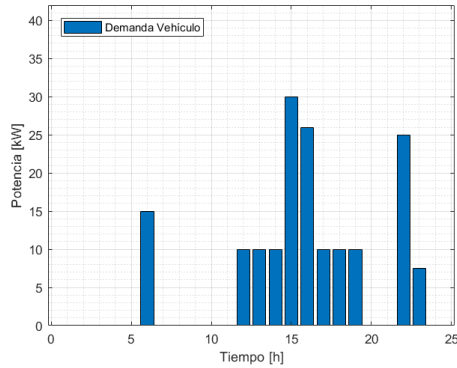


Figura 15. Demanda del EV

#### 4 Análisis y Discusión.

La inserción del EV en la MR genera significativas pérdidas en el perfil de voltaje, en la figura 16 se observa la demanda de la MR y la del VE en una sola gráfica y con ella se realiza el análisis del perfil de voltaje.

Se puede observar que la potencia requerida aumenta en un 50% de su capacidad inicial, la cual se presenta en la figura 14.

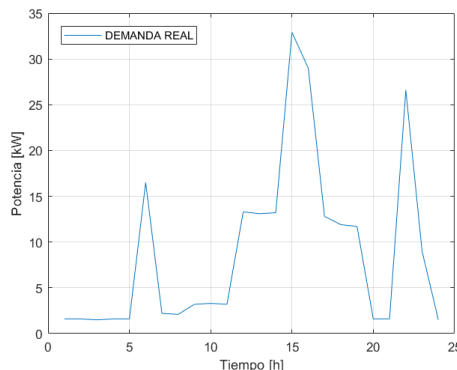


Figura 16. Sumatoria de demandas

Al momento de realizar la sumatoria de las demandas se observa que se tienen picos muy altos de potencia, los cuales afectan directamente al perfil de voltaje que ofrece la MR. Por tal razón en la figura 17 se realiza el modelamiento de las generaciones dando por resultado el déficit de abastecimiento de los recursos

de generación ante las demandas pico que se generan debido a la inserción del EV.

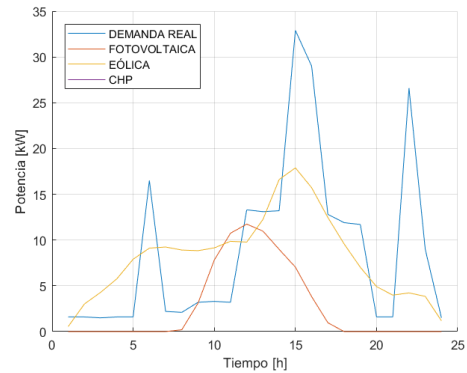


Figura 17. Abastecimiento de generación

Como se puede apreciar en la figura 18 se encuentra de color azul la sumatoria de la demanda del EV junto con la MR, y de color rojo el perfil de voltaje combinado con la generación fotovoltaica y eólica, dando como resultado un hueco de voltaje muy pronunciado a las 15:00 horas el cuál se produce por la cantidad de potencia que demanda el vehículo, específicamente en esa hora.

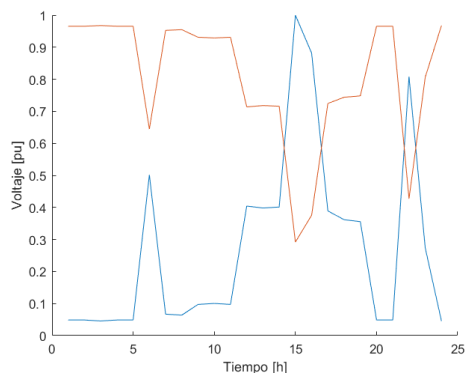


Figura 18. Huecos de voltaje

La MR al no tener una generación capaz de abastecer por completo la demanda, se genera un problema de calidad al momento de ingresar un VE. En la figura 18 se aprecia el problema mencionado en el cual ocurre cambios de voltaje en el transcurso del día en donde se encuentran

varios huecos de voltaje, y se observa una mayor afectación de alrededor del 0.5 pu.

En la figura 19 se presenta el despacho, donde se puede observar que los paneles solares de la generación fotovoltaica no son suficientes para el abastecimiento completo de la demanda, sin embargo, el sistema de Baterías ayuda significativamente al dar una mejor respuesta a la demanda conjunto con las demás generaciones que entran en funcionamiento para cubrir la demanda en la MR.

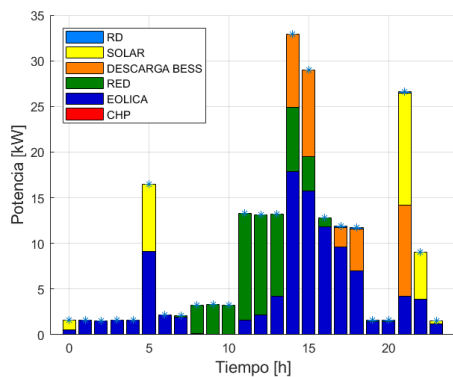


Figura 19.Despacho .

Como se puede apreciar en la figura 20 el incremento de voltaje llega a los 1.01 pu, esto se debe a que los sistemas de generación que abastecen a la MR aumentan su capacidad de generación como se indica en la Tabla 2 en el instante en el cual se inserta el EV. Dando como resultado la Tabla 3 que indica el incremento del perfil de voltaje.

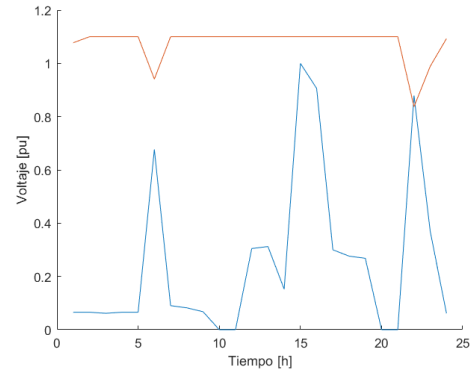


Figura 20. Mejora del perfil de voltaje

**Tabla 2.** Datos de Generación

	Potencia Base [kW]	Potencia Incrementada [kW]
Sistema Fotovoltaico	15	30
Sistema Eólico	5	10
Descarga BESS	10	20

**Tabla 3.** Perfil de voltaje

Horas	Voltaje Base [pu]	Voltaje Obtenido [pu]
1	1.166	1.177
5	1.166	1.2
10	1.129	1.2
15	0.4918	1.2
20	1.166	1.2
24	1.168	1.193

En la Tabla 3 se observa que a las 15:00 horas del día, el perfil de voltaje disminuía al 0.4918 pu dando como resultados huecos de voltaje muy significativos que provoca daños severos en la MR. No obstante, el incremento de generación provoca que el voltaje en dicho escenario mejore en un 59.016%.

En cuanto a la comparativa de resultados se establece que en el sistema fotovoltaico y eólico se realiza un incremento del 50% de su generación base para lograr una mejora de la calidad

de voltaje expuesta en el problema, causando así un aumento del perfil de voltaje máximo de 59,016% y mínimo de 0.93%.

En comparación con el artículo [38] menciona el ingreso aleatorio de vehículos eléctricos en una micro-red conformada por tres plantas fotovoltaicas de 10,10 y 12 kW respectivamente, una planta eólica de 10 kW y un banco de baterías de 20 kW dando como estudio la creación de escenarios para la óptima gestión de la demanda ante el ingreso de varios vehículos eléctricos en diferentes horas del día, conforme a este estudio se realiza la mejora del perfil de voltaje para eliminar los huecos de tensión generados por la inserción del vehículo eléctrico con el aumento de generación distribuida y con el sustento del banco de baterías.

## 5 Conclusiones

En base a los resultados obtenidos se concluye que el incremento de generación para abastecer la demanda se realiza únicamente cuando esta es presentada por el EV (no es constante). Dando como resultado un tiempo de 8 horas si la carga es lenta o doméstica, de 1 hora a 30 minutos si el tipo de carga es rápida y de 5 a 15 minutos si el tipo de carga es Ultra rápida.

Una de las soluciones para los huecos de voltaje provocados por la inversión del vehículo eléctrico es el incremento de potencia en conjunto con el banco de baterías el cuál es el que abastece el déficit de generación por motivos de disminución del recurso solar y eólico en ciertas horas del día y en diferentes estaciones del año.

Se puede concluir que el algoritmo aplicado en este estudio da resultados muy específicos y permite llegar a una distribución inteligente en donde trabaja

juntamente con la demanda creando un algoritmo interactivo que permita el aumento de diferentes tipos de generaciones como a su vez modificar potencias.

### 5.1 Trabajos futuros

En base al algoritmo y a los resultados obtenidos en este trabajo se determina que se pueden realizar trabajos futuros como:

- Control automatizado de generación en la inserción de diferentes picos de demanda en una MR.
- Estudios económicos direccionados a los huecos de tensión por la inclusión del EV en la MR.

## 6 Referencias

- [1] J. A. Gomez Gelvez, C. H. Mojica, V. Kaul, and L. Isla, "La incorporacion de los vehiculos electricos en america latina," *Banco Interam. Desarro.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2016.
- [2] L. I. R. Valera, "Vehículos Eléctricos," *Renova-Energia*, p. 9, 2014.
- [3] D. Arias Pérez and J. U. García, "Influencia del vehículo eléctrico sobre la fiabilidad de los sistemas eléctricos.," 2015.
- [4] F. J. Valenzuela Salamanca, "Vehículos eléctricos. Modelado, simulación y puesta en marcha de una bancada de máquinas de imanes permanentes," 2012.
- [5] Z. Bernal, "Dimensionamiento de una micro-red tipo estación de recarga para vehículos eléctricos conectados al sistema eléctrico."
- [6] O. C. Onar, J. Kobayashi, D. C. Erb, and A. Khaligh, "A

- bidirectional high-power-quality grid interface with a novel bidirectional noninverted buck-boost converter for PHEVs,” *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 61, no. 5, pp. 2018–2032, 2012, doi: 10.1109/TVT.2012.2192459.
- [7] J. F. Burbano Ortiz, “Reparación de una bicicleta eléctrica,” 2018.
- [8] J. Caicedo, M. Mamani, S. Lopez, A. A. Romero, H. Zini, and G. Ratta, “Impactos de la conexión de vehículos eléctricos en sistemas de potencia - Revisión literaria,” *2014 IEEE Bienn. Congr. Argentina, ARGENCON 2014*, pp. 645–650, 2014, doi: 10.1109/ARGENCON.2014.6868565.
- [9] F. Martín Moreno, “Vehículos Eléctricos . Historia , Estado Actual Y Retos Futuros,” *Esuropean Sci. J.*, vol. 7881, no. May, pp. 118–131, 2016.
- [10] P. Pérez Fernández, “Descripción e infraestructura de una microrred para un entorno residencial,” 2017.
- [11] R. D. Medina, “Microrredes Basadas en Electrónica de Potencia: parte II: Control de Potencia Activa y Reactiva,” *Ingenius*, no. 12, pp. 24–34, 2014, doi: 10.17163/ings.n12.2014.03.
- [12] O. Nuñez, D. Ortiz Villalba, and R. Palma--Behnke, “Microrredes en la red eléctrica del futuro - caso Huatacondo,” *Cienc. y Technol. Rev. la Univ. Costa Rica*, vol. 29, no. 2, pp. 1–16, 2013.
- [13] N. Y. Gonzalez Castro, C. A. Cusguen Gomez, E. A. Mojica Nava, and F. A. Pavas Martinez, “Estrategias de control de calidad de energía en microrredes rurales,” *Rev. UIS Ing.*, vol. 16, no. 2, pp. 93–104, 2017, doi: 10.18273/revuin.v16n2-2017009.
- [14] G. F. Sánchez Galarza, “Diseño y construcción de una trituradora de papel ecológica eléctrica alimentada por energía solar,” 2014.
- [15] A. Ceriz Veléz, “Estudio de la confiabilidad de sistemas fotovoltaicos en el Ecuador y construcción de un generador sola a escala de energía eléctrica a 200 W,” 2010.
- [16] C. Buele and A. Chazi, “MODELACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED ELÉCTRICA EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA,” 2019.
- [17] R. Neira and M. Velecela, “Estudio de factibilidad de generacion electrica mediante energia eolica y energia solar fotovoltaica para el sector de Garauhi de la parroquia Quingeo perteneciente a la ciudad de Cuenca,” 2014.
- [18] R. Vidal, “Evaluación Del Recurso Eólico En La Universidad Tecnológica De Ciudad Juárez,” 2014.
- [19] E. G. Bustillos Loachamin, “FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UNA MICRO-RED BASADO EN LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO,” 2021.
- [20] V. R. Vásquez huaricocha, “Estudio y diseño de un sistema micro-hidroeléctrico para generación y abastecimiento de energía eléctrica mediante energía renovable para una vivienda típica del sector de Sinincay perteneciente al Cantón Cuenca,”

- pp. 1–54, 2015.
- [21] R. Maruthi Prasad and A. Krishnamoorthy, “Design validation and analysis of the drive range enhancement and battery bank deration in electric vehicle integrated with split power solar source,” *Energy*, vol. 172, pp. 106–116, 2019, doi: 10.1016/j.energy.2019.01.116.
- [22] P. Díez González, “Principios básicos del vehículo eléctrico,” 2019.
- [23] V. L. SANTANA CHÓEZ, “ANÁLISIS DE LA IMPLANTACIÓN DEL USO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS COMO APOORTE AL CAMBIO DE LA MATRIZ PRODUCTIVA Y SU IMPACTO EN LA NO UTILIZACIÓN DE COMBUSTIBLES FÓSILES EN EL ECUADOR.,” 2016.
- [24] C. Movici, M. Urbana, and C. Inteligente, “Los vehículos eléctricos: hacia un transporte más sustentable en el Perú,” 2018.
- [25] M. Nuria Galindo, “Impacto de la incorporación del vehículo eléctrico en la integración de energías renovables en el sistema eléctrico,” 2010.
- [26] M. S. Alegre Buj, “Tesis Doctoral Modelado Del Vehículo Eléctrico E Híbrido Paralelo Por Medio De Matlab/Simulink Y Planificación De Estaciones De Carga Mediante Sistemas De Información Geográfica Y Algoritmos Genéticos Control, Telemática Y Química Aplicada a La Ingeniería,” 2017.
- [27] F. M. Viveros and P. D. A. G. Arc, “Implementación de una Raspberry Pi como agregador eléctrico en una red de electrolineras,” 2019.
- [28] H. P. Barros Guiracocha and L. A. Ortega Ortega, “Análisis y Diseño de la instalación eléctrica de una electrolinera en la ciudad de Cuenca.,” 2018.
- [29] A. Pérez, A. Seco, F. Martínez, J. Gardy, J. González, and C. Bergera, “Guía del Vehículo Eléctrico II,” *LA SUMA TODOS*, 2015.
- [30] L. Mera and P. Otero, “ANÁLISIS TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ESTACIONES DE CARGA RÁPIDA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS,” 2015.
- [31] C. Bordons, F. García-Torres, and L. Valverde, “Gestión Óptima de la Energía en Microrredes con Generación Renovable,” *RIAI - Rev. Iberoam. Autom. e Inform. Ind.*, vol. 12, no. 2, pp. 117–132, 2015, doi: 10.1016/j.riai.2015.03.001.
- [32] J. M. Pascual Miqueleiz, P. (dir. tes. . Sanchis Gúrpide, and L. (dir. tes. . Marroyo Palomo, “Estrategias avanzadas de gestión energética basadas en predicción para microrredes electrotérmicas,” *Univ. Pública Navarra*, pp. 1–13, 2016.
- [33] Andrea Estefanía Abarca Basante, “Implementación de un sistema de gestión de la demanda eléctrica basado en la caracterización de los recursos en micro-redes,” 2021.
- [34] X. Lu, S. Member, K. L. V. Iyer, K. Mukherjee, N. C. Kar, and S. Member, “Based Module for Monitoring and Protection Charging of EV / PHEV,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 3, no. 4, pp. 1670–1678, 2012.
- [35] S. Das, P. Acharjee, and A.



- Bhattacharya, “Charging Scheduling of Electric Vehicle incorporating Grid-to-Vehicle (G2V) and Vehicle-to-Grid (V2G) technology in Smart-Grid,” *2020 IEEE Int. Conf. Power Electron. Smart Grid Renew. Energy, PESGRE 2020*, pp. 1–6, 2020, doi: 10.1109/PESGRE45664.2020.9070489.
- [36] F. J. Ramón Ducoy, “Implantación De Energías Renovables En Una Planta De Producción De Amoníaco,” *Univ. Sevilla*, pp. 24–44, 2013.
- [37] E. Sortomme and M. A. El-Sharkawi, “Optimal charging strategies for unidirectional vehicle-to-grid,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 2, no. 1, pp. 131–138, 2011, doi: 10.1109/TSG.2010.2090910.
- [38] D. Trujillo, “Demand response due to the penetration of electric vehicles in a micro network through stochastic optimization,” p. 8, 2012.

## 6.1 Estado del Arte

Tabla 4. Matriz de estado del arte.

ÓPTIMA GESTIÓN DE LA DEMANDA DE UNA MICRO-RED PARA LA MEJORA DEL PERFIL DE VOLTAJE ANTE LA INFLUENCIA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO.																								
ITEM	DATOS			TEMÁTICA						RESTRICCIÓNES DEL PROBLEMA	PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA			SOLUCIÓN PROPUESTA										
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	Vehículos Eléctricos	SISTEMA DE GESTIÓN	CARACTERIZACIÓN DE ENERGÍA SOLAR	CARACTERIZACIÓN DE RECURSOS DISTRIBUIDOS	MODELOS DE REFERENCIAS DE MICRO-REDES	CARACTERIZACIÓN DE ENERGÍA DE BANCO DE BATERÍAS		MICRO-RED	GENERACIÓN DISTRIBUIDA	EFICIENCIA ENERGÉTICA	ESTIMAZACIÓN DE LOS RECURSOS	TECNOLOGÍA	HEURÍSTICA	SISTEMAS DE GESTIÓN	ALGORITMO ESTO CÁSTICO	CARACTERIZACIÓN DE RECURSOS DISTRIBUIDOS	MODELOS ENERGÉTICOS	CARACTERIZACIÓN DE GENERACION DISTRIBUIDA	SISTEMAS DE GESTIÓN	RESPUESTA DE LA DEMANDA	OPTIMIZACIÓN DE ENERGÍA
1	2016	La incorporación de los vehículos eléctricos en América latina	[1]	☒			☒							☒										
2	2014	Vehículos Eléctricos	[2]	☒	☒	☒								☒										
3	2015	Influencia del vehículo eléctrico sobre la fiabilidad de los sistemas eléctricos	[3]		☒			☒										☒						
4	2012	Vehículos eléctricos. Modelado, simulación y puesta en marcha de una bancada de máquinas de imanes permanente	[4]				☒								☒			☒						

5	2019	Dimensionamiento de una micro-red tipo estación de recarga para vehículos eléctricos conectados al sistema eléctrico	[5]	✗						✗			✗										
6	2012	A bidirectional high-power-quality grid interface with a novel bidirectional noninverted buck-boost converter for PHEVs	[6]			✗			✗				✗					✗			✗		
7	2018	Reparación de una bicicleta eléctrica	[7]	✗				✗					✗	✗						✗			
8	2014	Impactos de la conexión de vehículos eléctricos en sistemas de potencia - Revisión literaria	[8]			✗			✗				✗							✗		✗	
9	2016	Vehículos Eléctricos . Historia , Estado Actual Y Retos Futuros	[9]	✗						✗		✗			✗				✗			✗	
10	2017	Descripción e infraestructura de una microrred para un entorno residencial	[10]			✗			✗											✗			
11	2014	Microrredes Basadas en Electrónica de Potencia: parte II: Control de Potencia Activa y Reactiva	[11]										✗									✗	
12	2013	Microrredes en la red eléctrica del futuro - caso Huatacundo	[12]							✗				✗	✗						✗		✗
13	2017	Estrategias de control de calidad de energía en microrredes rurales	[13]	✗					✗	✗				✗						✗	✗		✗
14	2014	Diseño y construcción de una trituradora de papel ecológica eléctrica alimentada por energía solar	[14]	✗						✗					✗						✗		
15	2013	Estudio de la confiabilidad de sistemas fotovoltaicos en el Ecuador y construcción de un generador sola a escala de energía eléctrica a 200 W	[15]	✗		✗			✗	✗											✗		
16	2019	MODELACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED ELÉCTRICA EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA	[16]	✗		✗			✗						✗						✗		✗
17	2014	Estudio de factibilidad de generación eléctrica mediante energía eólica y energía solar fotovoltaica para el sector de Garauhi de la parroquia Quingeo perteneciente a la ciudad de Cuenca	[17]			✗			✗						✗						✗		
18	2014	Evaluación Del Recurso Eólico En La Universidad Tecnológica De Ciudad Juárez	[18]	✗		✗			✗	✗					✗						✗		✗
19	2021	FACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UNA MICRO-RED BASADO EN LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO	[19]			✗			✗	✗	✗				✗						✗		✗



33	2021	Implementación de un sistema de gestión de la demanda eléctrica basado en la caracterización de los recursos en micro-redes	[33]	✗		✗					✗			✗	✗					✗			
34	2013	Based Module for Monitoring and Protection Charging of EV / PHEV	[34]	✗	✗			✗								✗				✗	✗		
35	2020	Charging Scheduling of Electric Vehicle incorporating Grid-to-Vehicle (G2V) and Vehicle-to-Grid (V2G) technology in Smart-Grid	[35]		✗										✗						✗		
36	2013	Implantación De Energías Renovables En Una Planta De Producción De Amoníaco	[36]			✗					✗			✗		✗				✗	✗		
37	2013	Optimal charging strategies for unidirectional vehicle-to-grid	[37]	✗	✗			✗			✗		✗		✗		✗		✗	✗			
38	2013	Demand response due to the penetration of electric vehicles in a micro network through stochastic optimization	[38]			✗	✗			✗	✗				✗		✗		✗	✗	✗		
CANTIDAD:				20	14	12	7	12	8	9	7	7	10	10	8	8	9	12	8	9	10	16	14

## 6.2 Resumen de Indicadores

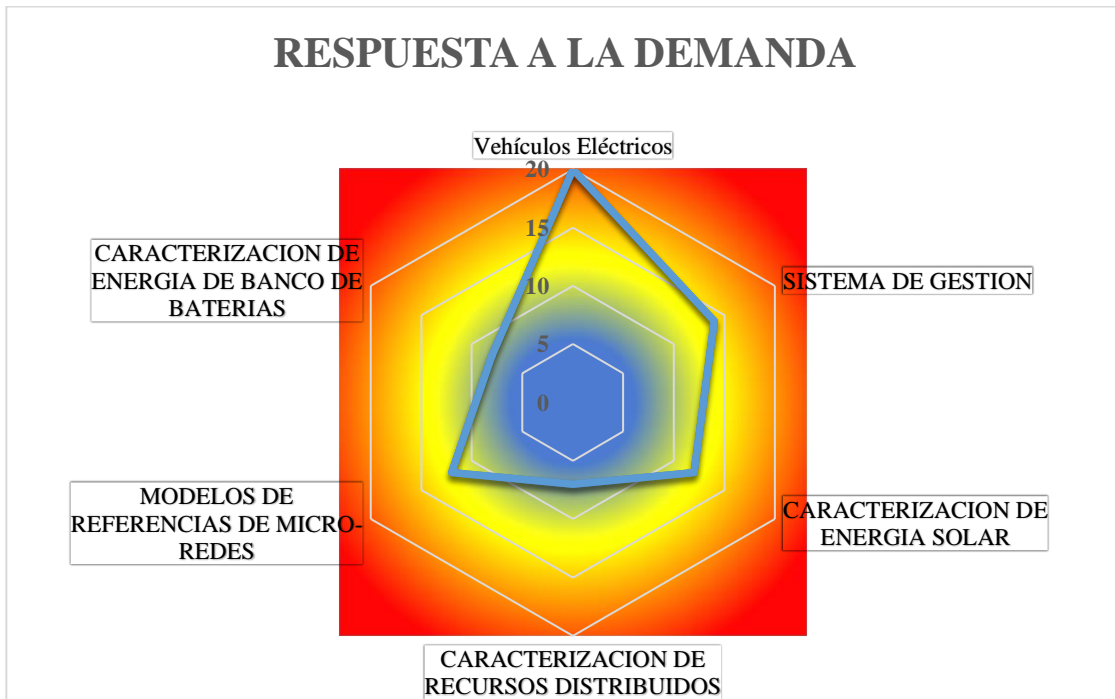


Figura 21. Resumen e indicador de la temática.

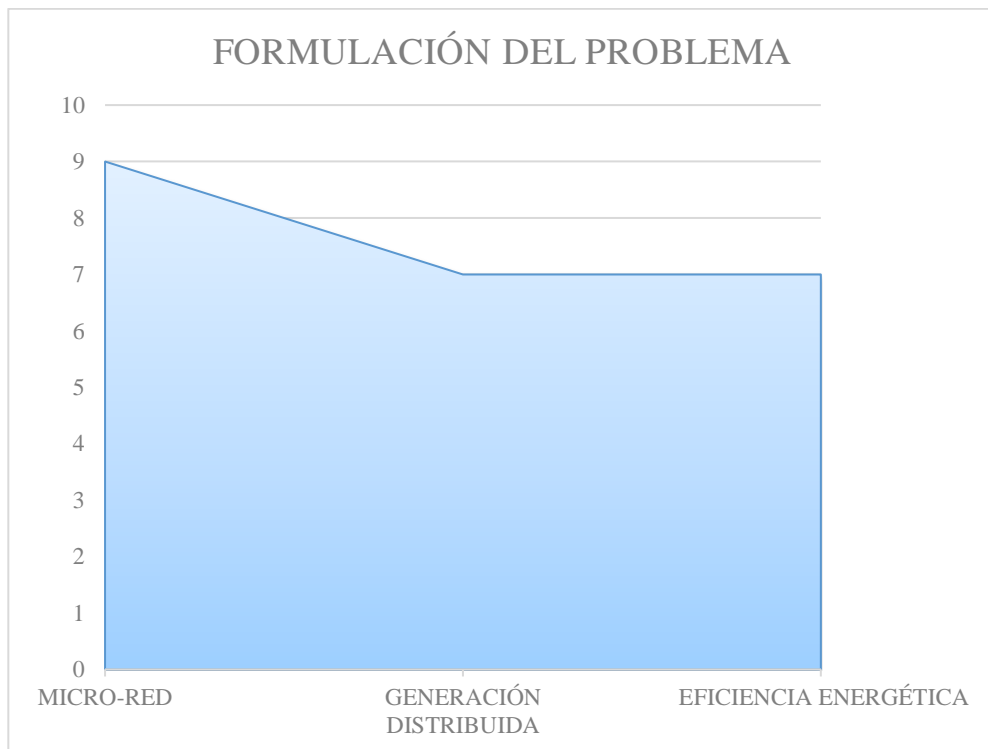


Figura 22. Indicador de formulación de problema

# SOLUCIÓN AL PROBLEMA

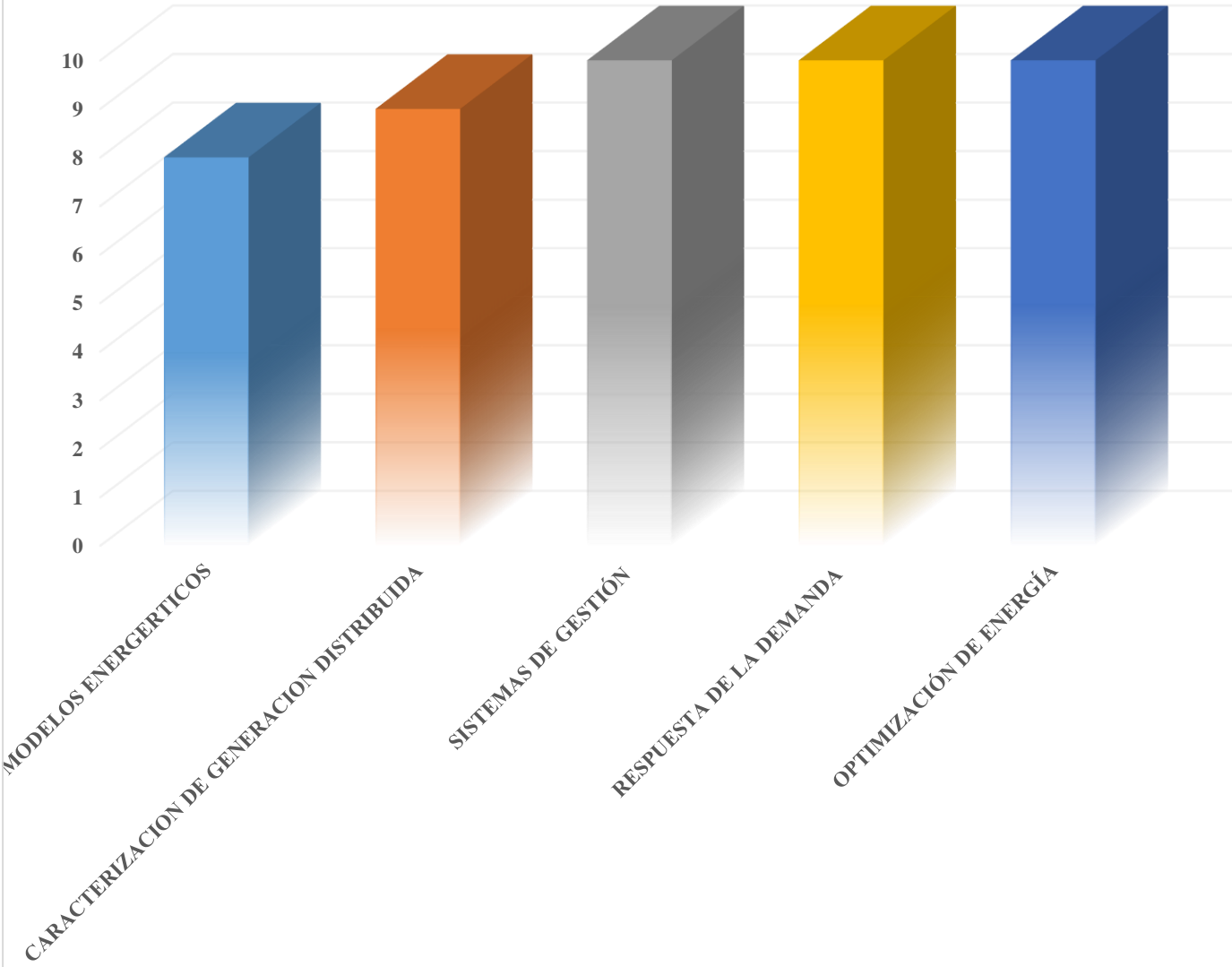


Figura 23. Indicador de Solución.